

PENINGKATAN *RESPONSE* DAN *LOAD TIME* DALAM MENAMPILKAN CITRA SATELIT PENGINDERAAN JAUH PADA APLIKASI WEB GIS SISTEM PEMANTAUAN BUMI PROVINSI

(INCREASE IN RESPONSE AND LOAD TIME IMAGE TO DISPLAY REMOTE SENSING SATELLITE IMAGE ON WEB GIS PROVINCIAL BASED EARTH MONITORING SYSTEM APPLICATION)

Rubini Jusuf¹, Gusti Darma Yudha¹, Masnita Indriani Oktavia¹, Sukentyas Estuti Siwi¹, Destriyanti Hutapea¹, Syaiful Muflichin Purnama², Rahmat Rizkiyanto¹

¹Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN

²Fakultas Teknik UGM

e-mail: rubini.jusuf@lapan.go.id

Diterima 8 September 2018; Direvisi 29 November 2018; Disetujui 3 Desember 2018

ABSTRACT

Provincial based Earth Monitoring System (SPBP) LAPAN is provided to meet the needs of local governments related to the management and distribution of geospatial information data in the form of remote sensing data and thematic geospatial data. GIS (Geographic Information System) mapping through Web or called Web GIS is one way to display and distribute maps online. Web GIS is built to provide convenience and speed of access by users. Web Map Service (WMS) data access speed method on the SPBP system is considered quite slow along with increasing the volume of data processed. This research aims to improve the performance of the Web GIS in response to user requests and speed in displaying image (load time) Landsat-8 and SPOT-6/7 mosaics. The object of this research is remote sensing satellite image in Kepulauan Riau Province. Performance tests are carried out with comparing several sizes of tile maps with the Web Map Tile Service (WMTS) method and manual tiling as a solution to replace the WMS system. Measurements on system request for use on both WMTS and manual tiling showed a not significant difference. But the WMTS tile map is much faster in displaying mosaic data which reaches an average number of less than 3 seconds. Base on the results of this study the Web GIS with the WMTS method is the basis of SPBP development, in order to optimize the speed of access of Landsat-8 and SPOT-6/7 mosaic image data.

Keywords: *optimal speed, tile map, response time, load time, remote sensing, Web GIS, monitoring*

ABSTRAK

Sistem Pemantauan Bumi Provinsi (SPBP) LAPAN disediakan untuk memenuhi kebutuhan pemerintah daerah terhadap pengelolaan dan pendistribusian data informasi geospasial penginderaan jauh dan data geospasial tematik. Pemetaan GIS (*Geographic Information System*) melalui Web atau dengan Web GIS menjadi salah satu cara untuk menampilkan dan mendistribusikan data citra satelit secara online. Web GIS ini dibangun untuk memberikan kemudahan dan kecepatan akses oleh pengguna. Kecepatan mengakses data *Web Map Service* (WMS) pada sistem SPBP dirasa cukup lambat seiring dengan peningkatan volume data diproses. Penelitian ini bertujuan meningkatkan performa Web GIS dalam menanggapi permintaan pengguna dan kecepatan menampilkan data (*load time*) mosaik Landsat-8 dan SPOT-6/7. Objek pengujian pada penelitian ini adalah citra wilayah Provinsi Kepulauan Riau. Uji performa dilakukan dengan membandingkan beberapa ukuran *tile map* antara metode *Web Map Tile Service* (WMTS) dan *manual tiling* sebagai solusi menggantikan sistem WMS. Hasil pengukuran respon permintaan pengguna pada sistem WMTS dan *manual tiling* menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan. Tetapi *tile map* WMTS jauh lebih cepat dalam menampilkan data mosaik yang mencapai angka rata-rata kurang dari 3 detik. Berdasarkan hasil penelitian ini Web GIS dengan metode WMTS menjadi basis pengembangan SPBP, dalam rangka optimalisasi kecepatan akses data citra mosaik Landsat-8 dan SPOT-6/7.

Kata kunci: *kecepatan optimal, tile map, response time, load time, penginderaan jauh, Web GIS, pemantauan*

1 PENDAHULUAN

Salah satu program Kedeputan Bidang Penginderaan Jauh LAPAN adalah menyediakan aplikasi SPBP yang dapat digunakan oleh Pemerintah Provinsi dalam memantau sumber daya alam yang dimilikinya. Hingga tahun 2017 telah dibangun kerjasama dengan 30 provinsi dan pada tahun 2018 dilanjutkan kerjasama dengan 4 (empat) provinsi lagi, salah satunya dengan Provinsi Kepulauan Riau. Sesuai Program Nasional Kebijakan Satu Peta yang mewajibkan Pemerintah Daerah terhubung dalam satu simpul Jaringan Informasi Geospasial Nasional (JIGN), sehingga dikembangkan aplikasi Web GIS Provinsi Kepulauan Riau untuk menampilkan potensi sumber daya alam dan lingkungan berbasis data penginderaan jauh.

Web GIS didefinisikan sebagai sistem geospasial berbasis jaringan yang memanfaatkan konektivitas kabel atau nirkabel untuk mengakses dan mendistribusikan informasi geografis, alat analisis spasial, dan layanan Web geospasial (Moretz, 2008). Pemanfaatan Web GIS merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan waktu dalam menampilkan dan mendistribusikan data (Yudha et al., 2018).

Meningkatnya pengguna sistem SPBP serta kebutuhan aplikasi Web GIS yang lebih baik, perlu dibangun sebuah aplikasi Web GIS yang mudah diakses

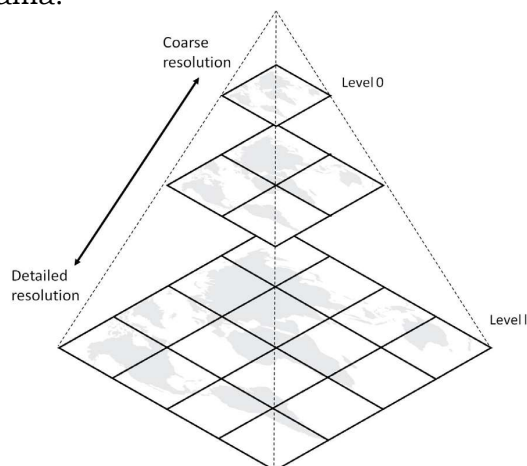
kapan saja dan dimana saja serta kecepatan dalam menampilkan data citra. Aplikasi Web GIS yang dikembangkan pada penelitian ini adalah *Web Map Service* (WMS). Web GIS terdahulu yang menggunakan WMS kurang efektif karena perlu waktu lama untuk menampilkan data citra satelit mosaik. Ada beberapa tipe *Web service* geospasial standar internasional dari *Open Geospatial Consortium* (OGC) selain WMS. Salah satunya adalah WMTS yang merupakan media layanan peta digital melalui Web menggunakan beberapa *tile* gambar yang di-cache. *Tile map* merupakan dataset dari citra yang telah diprogram berdasarkan ukuran yang telah ditentukan secara geografis dengan format data tertentu (PNG, GeoTIFF, GIF). Teknik *tile* dalam sistem Web GIS dikembangkan untuk mengurangi waktu menampilkan data (*load time*) gambar berkualitas yang tinggi. *Tile map* dinamai dengan baris dan kolom yang berbeda di tingkat perbesaran yang sama sesuai dengan lokasi khusus (Haiting et al., 2009).

Layanan WMTS berguna untuk membuat *cached map* atau *image service* tersedia secara terbuka. Optimalisasi Web GIS dengan metode *tiling*, yaitu *tile cache* atau *caching* peta dan *tile map* berhasil mengurangi waktu respon (Dewi, 2015). Penelitian tersebut menggunakan data vektor dengan membandingkan waktu respon dari publikasi data antara metode WMS

dengan WMTS. Waktu respon dari WMTS lebih cepat dibandingkan dengan WMS. Sedangkan penelitian ini membandingkan *tiling* data secara manual dengan WMTS.

Penggunaan *tile map* berpengaruh signifikan terhadap waktu respon untuk memperbesar, memperkecil dan menggeser citra (Yeşilimurat et al., 2012). Layanan WMTS juga mendukung operasi *request metadata* tentang *service* (*GetCapabilities*) dan *request number tile individual* dalam *cache* (*GetTile*) (Garcia et al., 2012). WMTS yang dikembangkan ini merupakan salah satu cara mendistribusikan data dalam bentuk *tile* ukuran 256x256 piksel meskipun data aslinya dalam bentuk utuh. Pada saat pengguna mengakses data, WMTS akan menentukan *service* apa yang diberikan berdasarkan *zoom level*, jumlah baris dan jumlah kolom.

Konsep WMTS –pada tingkat tertinggi piramida satu (level 0), *tile* menampilkan keseluruhan gambar dengan resolusi yang rendah seperti ditampilkan pada Gambar 1-1 (Haiting et al., 2009; García et al., 2011; Dewi, 2015). Pada tingkat terendah piramida (level 1) dalam Gambar 1-1, resolusi gambar yang diperoleh semakin detail dan semakin banyak *tile* yang ditampilkan. Akibatnya waktu yang diperlukan untuk menampilkan data secara utuh semakin lama.



Gambar 1-1: Representasi piramida *tile* (Haiting et al., 2009; García et al., 2011; Dewi, 2015)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperbaiki performa kecepatan waktu respon sistem dalam menanggapi permintaan pengguna dan seberapa

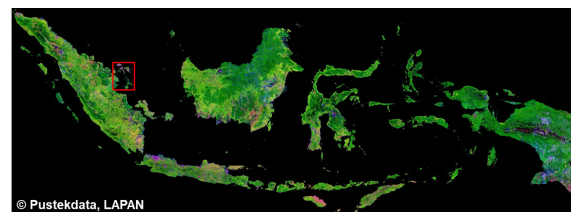
cepat sistem menampilkan data citra satelit penginderaan jauh dalam rangka meningkatkan performa aplikasi Web GIS untuk pemantauan sumber daya alam dan lingkungan khususnya di Provinsi Kepulauan Riau dengan membandingkan 2 (dua) cara *tiling* data yaitu metode WMTS dan yang dipotong secara manual.

Masalah utama dalam aplikasi Web standar adalah efektivitas dan efisiensi dalam menyediakan informasi yang dibutuhkan oleh pengguna serta keandalan sistem untuk berinteraksi dengan pengguna. Sedangkan waktu respon sistem merupakan hal yang harus diperhatikan karena untuk memberikan hasil yang cepat dari informasi yang diminta dengan mengurangi waktu kerja pengguna, serta meningkatkan pengalaman dan kenyamanan pengguna dalam menggunakan sistem berbasis Web (Ayuba et al., 2013). Waktu respon sistem yang diukur adalah lamanya waktu dari saat permintaan dikirim oleh subjek sampai responnya diterima oleh server (Rubinstein, 2013).

2 METODOLOGI

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini berupa citra mosaik Landsat-8 tahun 2016-2017 dan mosaik SPOT-6/7 tahun 2014-2016 yang meliputi wilayah Provinsi Kepulauan Riau (Gambar 2-1).



Gambar 2-1: Lokasi penelitian.

Provinsi Kepulauan Riau memiliki luas wilayah laut sebesar 417.012,97 km². Sedangkan luas wilayah daratan sebesar 10.595,41 km² dengan berbagai macam sumber daya alam dan sumber daya maritim yang dimiliki. Berdasarkan hasil identifikasi Badan Informasi Spasial (BIG), tercatat 394 pulau berpenghuni sedangkan 1.401 lainnya belum berpenghuni (Badan Pusat Statistik Kepulauan Riau, 2015).

Dengan banyaknya jumlah pulau dan sebagian besar belum berpenghuni.

Secara geografis Provinsi Kepulauan Riau berbatasan dengan negara tetangga, yaitu Singapura, Malaysia, dan Vietnam. Dengan kondisi eksisting tersebut kebutuhan data penginderaan jauh sebagai alat pemantauan sumberdaya alam serta pemantauan sumber daya maritim sangat dibutuhkan. Selain itu tingkat kecepatan update data penginderaan jauh sangat dibutuhkan untuk memperkuat kegiatan monitoring.

Sehingga dibutuhkan suatu sistem informasi untuk memantau sumber daya alam dan sumber daya maritim secara cepat dengan melalui sistem *web services* yaitu WMTS (*Web Map Tile Service*).

2.2 Data dan Alat

Data yang digunakan adalah data hasil pengolahan mosaik beberapa *scene* dengan tanggal perekaman yang berbeda, yang digabung menjadi satu dataset berupa mosaik Landsat-8 tahun 2016-2017 dengan resolusi spasial 15 meter. Data lainnya adalah mosaik SPOT-6/7 tahun 2014-2016 dengan resolusi spasial 1,5 meter (Gambar 2-2 dan 2-3).

Kedua data tersebut disimpan dalam format GeoTIFF *unsigned 8bit integer* dengan ukuran data sebesar 5,3 GB untuk Landsat-8 dan SPOT-6/7 sebesar 62,4 GB. Sistem koordinat geografinya adalah datum WGS-84.

Perangkat lunak yang digunakan untuk penelitian ini adalah Apache JMeter yang merupakan perangkat lunak berlisensi open source yang berguna untuk mengukur kinerja Web service. Pengujian beban dapat dilakukan dengan jumlah pengguna yang diinginkan (Tirghoda, 2012). Perangkat lunak JMeter memiliki antarmuka (*user interface*) yang mudah dimengerti, berbasis *open source* dan *java*, mudah dipasang (*install*), beban pengukuran kinerja yang tidak terbatas, dan mudah untuk melakukan tes (Sharma et al., 2016). Selain itu juga terbaik berdasarkan kriteria kinerja, kecepatan dan efisiensi (Chandel, et al., 2013; Khan, 2016). Perangkat ini digunakan untuk mengukur waktu

respon sistem dan *load time* dari data yang diuji coba.



© Pustekdata, LAPAN

Gambar 2-2: Mosaik Landsat-8 tahun 2016-2017



© Pustekdata, LAPAN

Gambar 2-3: Mosaik SPOT-6/7 tahun 2014-2016

2.3 Metode Penelitian

Proses konversi format data mosaik dari Geotiff ke PNG, dilakukan karena nilai *null* pada data penginderaan jauh format PNG menjadi transparan, sehingga nilai piksel *null* tidak menutupi objek yang lain.

Data citra mosaik Landsat-8 dan SPOT-6/7 ditampilkan menggunakan GIS Server, yaitu GeoServer. Data-data tersebut dibuat *tiling* dengan 2 (dua) metode, yaitu metode WMTS dan yang dipotong secara manual menggunakan *Geospatial Data Abstraction Library* (GDAL). GDAL adalah pustaka penerjemah untuk format *raster* dan vektor dari data geospasial yang dirilis di bawah lisensi *Open Source* (Andre, 2009). Untuk membangun piramida, digunakan utilitas *gdal_retile.py*, bagian dari utilitas perintah GDAL dan tersedia untuk berbagai sistem operasi.

Tiling dengan metode manual menggunakan *pikselsize_x* dan *pikselsize_y* yang sama untuk masing-masing data antara lain 4096x4096, 2048x2048, 1024x1024, 512x512, 256x256, 128x128, 64x64, 32x32. Metode *tiling* secara manual menghasilkan banyak *tile* dan jumlahnya meningkat sejalan dengan ukuran piksel per *tile* yang semakin kecil seperti yang terlihat pada Tabel 2-1 di bawah ini.

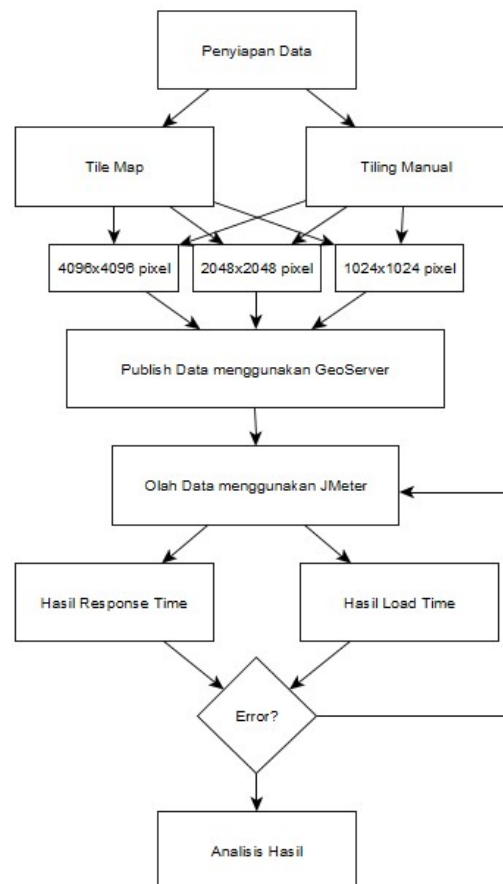
Tabel 2-1: Ukuran dan jumlah *tile* secara manual

No.	Ukuran <i>Tile</i> (piksel)	Jumlah <i>Tile</i>
1	4096	129
2	2048	492
3	1024	1.900
4	512	7.480
5	256	29.920
6	128	119.340
7	64	477.360
8	32	855.227

Sumber: Lacovella, 2014

Pada penelitian ini uji coba *tile map* WMTS dan manual untuk mosaik Landsat-8 dan SPOT-6/7 menggunakan 3 (tiga) jenis ukuran *tile*, yaitu 4096x4096 piksel, 2048x2048 piksel dan 1024x1024 piksel. Masing-masing data dengan berbagai ukuran *tile* diuji

menggunakan JMeter dengan 2 (dua) skenario, yakni skenario pertama untuk mengetahui waktu respon sistem dan skenario kedua untuk mengetahui *load time*. Uji coba ini memerlukan informasi *Thread count*, *Ramp up time*, dan *Loop count*. *Thread Count* adalah jumlah pengguna yang ingin disimulasikan untuk eksekusi, *Ramp up time* adalah jumlah waktu yang diperlukan Jmeter untuk mendapatkan semua *thread* yang dikirim untuk eksekusi, *Loop count* digunakan untuk menentukan jumlah waktu pelaksanaan tes kinerja.



Gambar 2-4: Langkah analisis data untuk mengetahui respon dan *load time*

Untuk menguji waktu respon sistem, digunakan *Thread count* = 1000, *Ramp up time (seconds)* = 10 dan *Loop count* = 100 yang berarti setiap 0,01 seconds (10/1000), 100 permintaan memanggil server. Pada simulasi putaran kedua dilakukan dengan mengeksekusi permintaan HTTP. Eksekusi berlangsung hingga semua 1000 permintaan dengan menjalankan semua permintaan HTTP sebanyak 100 kali.

Sedang untuk menguji *load time* digunakan *Thread count* = 1, *Ramp up time (Seconds)* = 60 dan *Loop count* = 10 (setiap 60 detik, yang berarti 1 permintaan memanggil *server*).

Alur proses dalam penelitian dari awal penyiapan data hingga analisis hasil dapat dilihat pada Gambar 2-4.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian waktu respon sistem dilakukan menggunakan 100.000 sampel permintaan HTTP dari 1.000 *Thread count* dalam 100 *Loop count*. Hasil pengujian direpresentasikan dalam bentuk grafik waktu respon sistem (sumbu y) terhadap waktu pengujian (sumbu x). Semakin besar waktu respon sistem artinya semakin lama waktu yang diperlukan untuk menanggapi permintaan pengguna.

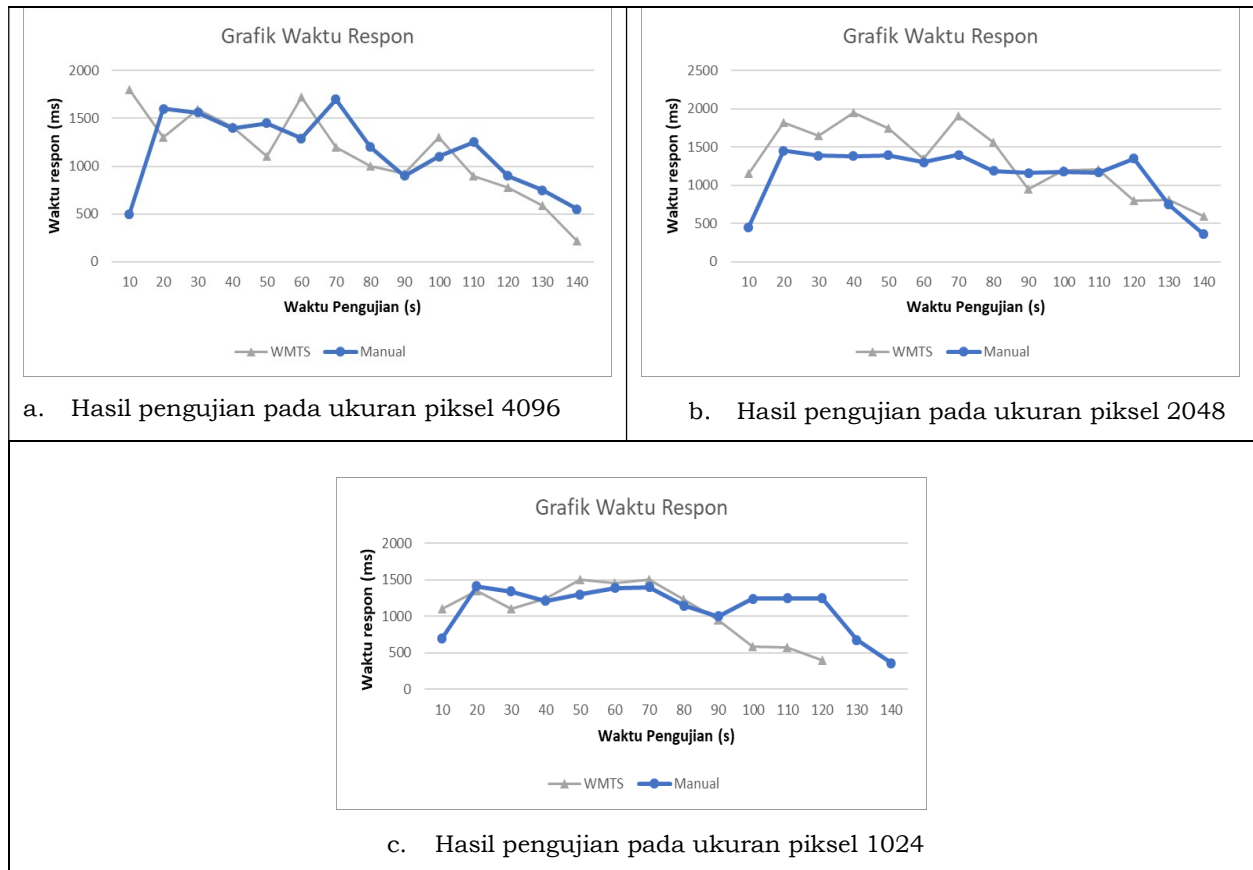
Waktu respon sistem pada uji coba data mosaik Landsat-8 yang dilakukan selama 5 menit dapat dilihat pada grafik Gambar 3-1. Perbedaan waktu respon sistem antara *tile map* WMTS dan manual dalam menanggapi permintaan tidak lebih dari 1 detik. Pada *tile* ukuran 4096x4096 piksel waktu respon sistem terlamanya relatif sama antara 1600-1800 milidetik. Sedangkan pada *tile* ukuran 2048x2048 piksel waktu respon sistem terlamanya lebih lambat 200 milidetik. Selanjutnya untuk *tile* ukuran 1024x1024 piksel waktu respon sistem terlamanya relatif sama antara 1400-1600 milidetik.

Hasil uji coba data mosaik SPOT-6/7 dapat dilihat pada Gambar 3-2. Pada *tile* ukuran 4096x4096 piksel waktu respon sistem terlamanya lebih cepat 500 milidetik. Begitu pula pada *tile* ukuran 2048x2048 piksel juga lebih cepat 300 milidetik. Selanjutnya untuk *tile* ukuran 1024x1024 piksel waktu respon sistem terlamanya relatif sama. Sama seperti halnya pada data mosaik Landsat-8 untuk data mosaik SPOT-6/7 waktu

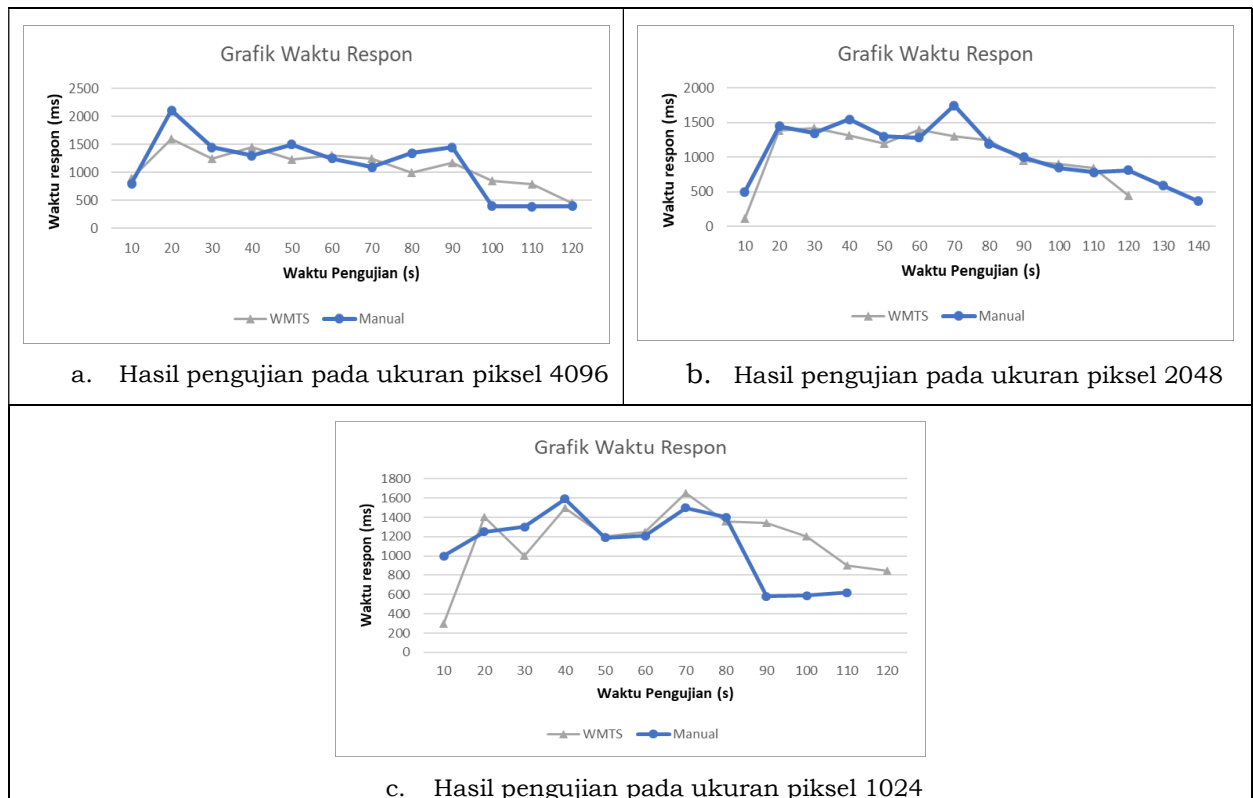
respon sistem terlamanya selisih waktunya juga tidak lebih dari 1 detik.

Waktu respon untuk ke semua ukuran *tile* dari data Landsat-8 masih di bawah 2000 milidetik yang masih dalam batas untuk alur berfikir pengguna agar tetap tidak terganggu, meskipun pengguna akan melihat penundaan (Nielsen. J, 1993). Batasan waktu ini ada 3 batas waktu utama (yang ditentukan oleh kemampuan perseptual manusia) untuk diingat ketika mengoptimalkan kinerja Web dan aplikasi. Hasil dari pengujian ini *respon time* masih wajar dan tidak mempengaruhi pengguna.

Pada ujicoba selanjutnya untuk melihat *load time* data citra mosaik Landsat-8 dan SPOT-6/7 dengan memanfaatkan fungsi permintaan HTML dengan menggunakan pengaturan url parameter di JMeter. Hasil ujicoba dapat dilihat dari Tabel 3-1, dapat dijelaskan bahwa semakin kecil ukuran *tile*, semakin lama waktu yang dibutuhkan sistem dalam menampilkan data citra tersebut secara utuh. Oleh karena itu, dapat diketahui untuk ukuran *tile* 1024 piksel pasti lebih lama dibandingkan dengan ukuran *tile* yang lebih besar meskipun terjadi *error* pada olah data dikarenakan masalah teknis *server testing* yang kurang mumpuni mengolah data dengan jumlah *tile* lebih dari 1.000 *tile*. Perlu peningkatan kapasitas perangkat keras untuk menguji data dengan jumlah *tile* lebih dari 1000. Peningkatan tersebut dilakukan pada sisi CPU servernya harus menggunakan produk dari Intel karena *Java Advanced Imaging API (JAI)* bekerja lebih cepat serta disarankan sediakan 2 server dan kedua server tersebut diatur menjadi *cluster* dengan minimal 2 *quad core*. Dari hasil dapat dilihat metode WMTS dapat digunakan dalam meningkatkan aplikasi SPBP yang dibangun dalam upaya optimalisasi sistem.



Gambar 3-1: Grafik waktu respon data citra mosaik Landsat-8



Gambar 3-2: Grafik waktu respon data citra mosaik SPOT-6/7

Untuk yang jenis manual semakin banyak jumlah *tile*-nya semakin lama waktu yang diperlukan untuk menampilkan data citra satelitnya. Berbeda dengan jenis WMTS yang jauh lebih cepat bahkan untuk waktu maksimumnya masih di bawah rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh jenis manual. Pada Tabel 3-1 terlihat begitu

signifikan perbedaan antara jenis WMTS dengan Manual karena pada jenis *manual system* harus me-load setiap data dari *tile* yang ada. Berbeda dengan WMTS yang hanya me-load 1 (satu) data tetapi secara virtual langsung men-*tiling* data tersebut.

Tabel 3-1: *Load time* pada data mosaik Landsat-8 antara WTMS dan Manual

No.	Jenis dan Ukuran <i>Tile</i>	<i>Load Time</i> (milidetik)		
		Rata-rata	Min	Max
1	WMTS 4096	2.217	646	15.456
2	WMTS 2048	2.217	646	15.456
3	WMTS 1024	2.217	646	15.456
4	Manual 4096	16.201	10.066	52.071
5	Manual 2048	508.525	47.699	1.034.624
6	Manual 1024	error	error	error

Sumber: pengolahan JMeter

4 KESIMPULAN

Perbaikan respon WMTS dalam menanggapi permintaan pengguna tidak signifikan karena hanya mampu memperbaiki waktu yang kurang dari 1 detik. Tetapi perbaikan *load time* sangat signifikan dibandingkan dengan metode WMS dimana semakin kecil ukuran *tile* data semakin cepat tingkat proses *load time* pada sistem Web GIS. *Tile map* WMTS terbukti cukup cepat dalam *load time* menampilkan data mosaik citra dibandingkan dengan proses *tile* secara manual.

Hasil penelitian ini dapat diimplementasikan ke dalam sistem yang dibangun dengan menggunakan cara *tile map* untuk menggantikan tipe Web *service* yang sebelumnya yaitu WMS. Karena kecepatan akses data citra merupakan hal yang penting juga dalam pemantauan sumber daya alam dan lingkungan khususnya di Provinsi Kepulauan Riau.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian penelitian, terutama kepada pengelola Program Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional (INSINAS) Ristekdikti sebagai pemberi anggaran, Deputy Bidang Penginderaan Jauh LAPAN dan Kepala Pusat Teknologi

dan Data Penginderaan Jauh LAPAN yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian, Kepala Bappeda Provinsi Kepulauan Riau, serta Tim Redaksi Jurnal Penginderaan Jauh dan Mitra Bestari.

DAFTAR RUJUKAN

- Andre, R., (2009). *What the heck is GDAL?*.
https://download.osgeo.org/gdal/presentations/OpenSource_Weds_Andre_CUGOS.pdf. [10 Juli 2018]
- Ayuba, D., Ismail, A., & Hamzah, M.I., (2013). *Evaluation of Page Response Time between Partial and Full Rendering in a Web-based Catalog System*. The 4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics.
- Badan Pusat Statistik Kepulauan Riau. (2015). *Kepulauan Riau Dalam Angka 2015*.
- Chandel, V., Patial, S., & Guleria, S., (2013). *Comparative Study of Testing Tools: Apache JMeter and Load Runner*. International Journal of Computing and Corporate Research, 3(3).
- Dewi, E. K. (2015). *Optimalisasi Web GIS dengan Metode Tiling* ISBN: 979-26-0280-1, 317-321.
- Garca, R., de Castro, J. P., Verd, E., Jess, M., & Mara, L. (2012). *Web Map*

- Tile Services for Spatial Data Infrastructures: Management and Optimization.* Cartography - A Tool for Spatial Analysis. <https://doi.org/10.5772/46129>
- Haiting, L., Qingshan, P., & Yanhong, L., (2009). *Data Security Analysis of WebGIS Based on Tile-Map Technique*, International Symposium on Web Information System and Applications (WISA'09), 8, 190–193.
- Khan, R. B., (2016). *Comparative Study of Performance Testing Tools: Apache JMeter and HP LoadRunner*. Thesis, 2016–16.
- Lacovella, S., (2014). *GeoServer Cookbook*. (64-74). PACKT Open Source Publishing.
- Moretz, D., (2008). *Internet GIS*. In Encyclopedia of GIS (pp. 591-596). Springer US.
- Nielsen, J., (1993). *Response times: the three important limits*. Chapter 5 of Usability Engineering, Academic Press
- Rubinstein, A., (2013). *Response time and decision making: An experimental study*. Judgment and Decision Making, 8(5), 540–551.
- Sharma, M., Vaishnavi, S.I, Sugandhi, S., & Abhinandhan, S., (2016). *A Comparative Study on Load Testing Tools*. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, Volume 4, Issue 2
- Tirghoda, K., (2012). *Web Services Performance Testing Using Open Source Apache Jmeter*. International Journal of Scientific & Engineering Research, 3(5), 3–5.
- Yeşilmurat, S., & İşler, V., (2012). *Retrospective adaptive prefetching for interactive Web GIS applications*. GeoInformatica, 16(3), 435–466. <https://doi.org/10.1007/s10707-011-0141-8> [10 Juli 2018]
- Yudha, G., & Purnama, S., (2018). *Analysis of Dissemination Methods for Remote Sensing Information in Maritime Field to Support the Local Government*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 162.

